

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenl gungsschrift
⑪ DE 30 06 584 A 1

⑤① Int. Cl. 3:
G 01 F 1/68

②① Aktenzeichen: P.30 06 584.0
②② Anmeldetag: 22. 2. 80
④③ Offenlegungstag: 3. 9. 81

Stanzentwurf

⑦① Anmelder:
Degussa AG, 6000 Frankfurt, DE

⑦② Erfinder:
Eiermann, Kurt, Dipl.-Phys., 6102 Pfungstadt, DE; Schäfer,
Wolfgang, 6000 Frankfurt, DE

⑤④ Thermischer Durchflußmesser

DE 30 06 584 A 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 30 06 584 A 1

1

5

10

DEUTSCHE GOLD- UND SILBER-SCHEIDEANSTALT

VORMALS ROESSLER

6000 Frankfurt/Main 1, Weißfrauenstraße 9

15

Patentansprüche

20 1. Thermischer Durchflußmesser zur Messung des Massen-
stroms eines in einer Leitung fließenden gasförmigen oder flüssigen Mediums, bestehend aus einem
von dem Medium durchströmten, mit einem Heizelement
versehenen metallischen Rohrabschnitt und gegebenen-
25 falls Elementen zur Messung der Temperatur des Mediums, dadurch gekennzeichnet, daß als Heizelement
ein Schichtwiderstand (3) auf einem elektrisch isolierenden, thermisch gutleitenden Substrat (2)
dient, das über eine metallische Zwischenschicht (4)
30 mit der Außenfläche des Rohrabschnitts (1) wärme-
schlüssig verbunden ist.

2. Thermischer Durchflußmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Schichtwiderstand (3)
35 ein Dünnschichtwiderstand verwendet wird.

- 1 3. Thermischer Durchflußmesser nach Anspruch 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der Tempe-
ratur des Mediums stromaufwärts zum beheizten Rohr-
abschnitt (1), von diesem thermisch isoliert ein
5 mit einem Schichtwiderstand (7) auf einem Substrat (8)
wärmeschlüssig verbundener metallischer Rohrab-
schnitt (6) angeordnet ist.
- 10 4. Thermischer Durchflußmesser nach Anspruch 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der Tempera-
tur des Mediums stromabwärts zum beheizten Rohrab-
schnitt (1), von diesem thermisch isoliert ein wei-
terer mit einem Schichtwiderstand (11) versehener
15 metallischer Rohrabchnitt (10) angeordnet ist.
- 20 5. Thermischer Durchflußmesser nach Anspruch 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtwiderstände
(3, 7) einen gleichen Temperaturkoeffizienten des
Widerstandes besitzen und die Temperatur des Schicht-
widerstandes (3) auf dem beheizten Rohrabchnitt (1)
über eine Wheatstonebrücke und einen elektronischen
Regelkreis auf einen konstanten Wert oberhalb der
Eintrittstemperatur des Mediums geregelt wird.
- 25 6. Thermischer Durchflußmesser nach Anspruch 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß mit einem angeschlosse-
nen Analogrechner oder Microprocessor das Verhält-
nis von der vom Schichtwiderstand (3) des beheizten
Rohrabchnitts (1) aufgenommenen elektrischen Lei-
30 stung und der gemessenen Differenz zwischen Ein-
tritts- und Austrittstemperatur des Mediums gebil-
det wird.
- 35

1

5

10 DEUTSCHE GOLD- UND SILBER-SCHEIDEANSTALT
 VORMALS ROESSLER
 6000 Frankfurt/Main 1, Weißfrauenstraße 9

15

Thermischer Durchflußmesser

20 Die Erfindung betrifft einen thermischen Durchfluß-
 messer zur Messung des Massenstroms eines in einer
 Leitung fließenden gasförmigen oder flüssigen Mediums,
 bestehend aus einem von dem Medium durchströmten, mit
 einem Heizelement versehenen metallischen Rohrabschnitt
25 und gegebenenfalls Elementen zur Messung der Tempera-
 tur des Mediums.

 Thermische Durchflußmesser, die dem zu messenden Mas-
 sentrom eine bekannte Wärmemenge zuführen, sind seit
30 langem bekannt (z. B. DE-PS 854 105). Grundlage des
 Meßprinzips ist die Beziehung zwischen aufgenommener
 Wärmeleistung Q und der resultierenden Temperaturer-
 höhung ΔT des Mediums

35

$$Q = M \cdot c \cdot \Delta T = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T$$

- 1 Hierbei ist M der Massenstrom, V der Volumenstrom,
2 ρ die Dichte und c die spezifische Wärme des Mediums.
3 Das Verhältnis von Q und ΔT ist somit ein lineares
4 Maß für die Durchflußmenge.
- 5
- 6 Bisher bekannte Geräte, die nach diesem Prinzip arbei-
7 ten, verwenden z. B. eine Heizwicklung auf einem me-
8 tallischen Rohrabschnitt, um dem Medium Wärme zuzuführen.
9 Dieser Aufbau hat den Nachteil, daß nur ein schlechter
10 Wärmekontakt zwischen Heizwicklung und dem Rohrab-
11 schnitt erzielt wird, da die Kontaktfläche klein ist
12 (im Verhältnis zur Oberfläche des Heizdrahtes) und zu-
13 sätzlich eine Isolierschicht zwischen Heizwicklung
14 und Rohr angebracht werden muß.
- 15 Der daraus resultierende Wärmewiderstand zwischen der
16 Heizwicklung und dem durchströmten Rohrabschnitt be-
17 dingt, daß erstens die Temperatur der Heizwicklung
18 kein Maß für die Temperatur der Wand und des durch-
19 strömten Rohrabschnittes ist und daß zweitens die von
20 der Heizwicklung aufgenommene elektrische Leistung
21 kein exaktes Maß für die von dem Medium aufgenommene
22 Wärme ist. So ist z. B. das Verhältnis von aufgenom-
23 mener elektrischer Leistung und Temperaturerhöhung bei
24 einer Vorrichtung nach DE-PS 854 105 nicht proportio-
25 nal dem Massendurchfluß.

Es war daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen
thermischen Durchflußmesser zur Messung des Massen-
stroms eines in einer Leitung fließenden gasförmigen
30 oder flüssigen Mediums zu schaffen, bestehend aus ei-
nem von dem Medium durchströmten, mit einem Heizelement
versehenen metallischen Rohrabschnitt und gegebenen
falls Elementen zur Messung der Temperatur des Mediums,
bei dem die vom Heizelement aufgenommene elektrische
35 Leistung ein möglichst exaktes Maß für die vom Medium

1 aufgenommene Wärme und das Verhältnis von aufgenommener elektrischer Leistung und Temperaturerhöhung möglichst proportional dem Massendurchfluß ist.

5 Diese Aufgabe wurde erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß als Heizelement ein Schichtwiderstand auf einem elektrisch isolierenden thermisch gutleitenden Substrat dient, das über eine metallische Zwischenschicht mit der Außenfläche des Rohrabchnitts wärmeschlüssig verbunden ist. Vorzugsweise verwendet man als Schichtwiderstand einen bekannten Dünnschichtwiderstand, hergestellt mittels Dünnschichttechnik.

15 Der erfindungsgemäße Durchflußmesser hat den Vorteil, daß eine nahezu ideale Wärmekopplung zwischen einem Metallfilm und dem durchströmten Rohrabchnitt erzielt wird. Dadurch ist die aufgenommene elektrische Leistung ein sehr gutes Maß für die dem Medium zugeführte Wärmeleistung und es resultiert eine ausgezeichnete Linearität zwischen der Durchflußmenge und der Größe $P/\Delta T$.

25 Weiterhin erhält man hierdurch die Möglichkeit, bei geeigneter Dimensionierung des Heizelements thermischen Ausgleich zwischen dem strömenden Medium und der Innenwand des Heizelements bzw. des Rohrabchnitts zu erzielen und die Temperatur des temperaturabhängigen Dünnschichtwiderstands als Maß für die Austrittstemperatur des Mediums zu verwenden. In diesem Fall kann eine Messung der Austrittstemperatur entfallen.

30 Der erfindungsgemäße Durchflußmesser zeichnet sich auch dadurch aus, daß er einfach herzustellen und somit für eine Massenfertigung geeignet ist.

35 Da die stromführenden Teile auf der Außenfläche des durchströmten Rohrabchnitts angebracht sind, entfallen

- 1 alle Probleme der elektrischen Isolierung der Widerstände gegenüber dem strömenden Medium und der Dichtigkeit der Durchführung von Zuleitungen.
- 5 In den Abbildungen I bis III sind schematisch beispielhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Durchflußmessers dargestellt.

- Auf einem metallischen Rohrabschnitt (1) aus einem gut
- 10 wärmeleitenden Material, wie z. B. Kupfer, mit einer Innenbohrung (5) zur Durchleitung des zu messenden Mediums befinden sich auf zwei gegenüberliegenden Stellen je eine ebene Fläche, auf der ein Dünnschichtwiderstand (3) mit einem Substrat (2) aufgebracht ist.
- 15 Die wärmeschlüssige Verbindung (4) zwischen dem Substrat (2), vorteilhafterweise aus reinem Al_2O_3 bestehend, das in der Wärmeleitfähigkeit einer metallischen Legierung entspricht, und dem Rohrabschnitt (1) kann durch Weich-, Hart- oder Aktivlötlötung erfolgen.
- 20 Welche Methode der wärmeschlüssigen Verbindung von Substrat (2) und Rohrabschnitt (1) am vorteilhaftesten ist, hängt von dem Temperaturbereich, in dem das Heizelement eingesetzt werden soll, ab.
- 25 Die Abbildung II zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Durchflußmessers mit einem Temperaturfühler für die Messung der Eintrittstemperatur des Mediums in das Heizelement, wobei der Temperaturfühler ebenfalls aus einem durchströmten Rohrabschnitt (6)
- 30 mit aufgebrachtem Schichtwiderstand (7) auf einem Substrat (8) besteht, der stromaufwärts vom beheizten Rohrabschnitt (1), von diesem thermisch isoliert angeordnet ist. Die Verbindung zwischen dem Substrat (8) des temperaturabhängigen Dünnschichtwiderstands (7) und
- 35 dem durchströmten Rohrabschnitt (6) erfolgt vorteil-

1 hafterweise nach dem gleichen Verfahren wie bei dem
Heizelement. Es kann aber auch ausreichend sein, hier-
für einen wärmeleitenden Klebstoff zu verwenden. Der
Temperaturfühler ist durch ein thermisch nicht leiten-
5 des Rohrstück (9) von dem Heizelement getrennt. In ei-
ner vorteilhaften Ausführung haben die Schichtwider-
stände (7 und 3) einen möglichst gleichen Temperatur-
koeffizienten. Dies kann z. B. durch die Verwendung
von Pt-Dünnschichtwiderständen erreicht werden, die sich
10 durch große Genauigkeit und Stabilität auszeichnen.
Werden die Widerstände (7 und 3) in je einen Zweig ei-
ner Wheatstonebrücke geschaltet, so kann mit einer ein-
fachen elektrischen Regelung erzielt werden, daß sich
die Temperatur des beheizten Widerstands (3) und somit
15 des beheizten Rohrabschnitts (1) auf einen konstanten
Temperaturbetrag oberhalb der vom Temperaturfühler ge-
messenen Temperatur einstellt. Die vom beheizten Wider-
stand (3) aufgenommene elektrische Leistung P ist auf
Grund des geringen Wärmewiderstandes zwischen Heiz-
20 widerstand (3) und Rohrabschnitt (1) ein Maß für die
vom Medium aufgenommene Wärmemenge, deren Abhängigkeit
vom Massenstrom in einer Eichmessung festgelegt werden
kann und näherungsweise unabhängig von der Temperatur
des Mediums ist.

25 Bei dieser Anordnung kann sich jedoch durch die Tem-
peraturabhängigkeit der Stoffwerte des Mediums (Vis-
kosität, Wärmeleitfähigkeit) eine Abhängigkeit der beim
Durchfließen des Heizelements vom Medium aufgenommenen
30 Wärmemenge von der Eintrittstemperatur des Mediums er-
geben.

Wird jedoch das Heizelement so dimensioniert, daß ein
thermischer Ausgleich zwischen Medium und Heizelement
erfolgt, so entfällt diese Temperaturabhängigkeit, da
35 die Temperaturerhöhung des Mediums konstant gehalten
wird.

- 1 Ein weiterer Vorteil der Regelung der Heizelementtemperatur auf konstante Überhitzung besteht darin, daß die Ansprechzeit des Systems bei einer Änderung der Durchflußmenge weitgehend unabhängig von der thermischen
- 5 Trägheit des Heizelements ist. Außerdem kann bei dieser Anordnung keine gefährliche Überhitzung des Heizelements bei der Durchflußmenge 0 erfolgen.

- Kann bei größeren Durchflußmengen der thermische Ausgleich zwischen Medium und Heizelement nicht erzielt werden, wird vorteilhafterweise eine erweiterte Anordnung eingesetzt, die in Abbildung III schematisch dargestellt ist. Die Anordnung aus Abbildung II ist hier um einen weiteren Temperaturfühler stromabwärts zum
- 15 Heizelement ergänzt, um die Austrittstemperatur des Mediums aus dem Heizelement zu messen. Der Aufbau dieses Temperaturfühlers kann dem des anderen Temperaturfühlers entsprechen und ist ebenfalls durch ein thermisch nicht leitendes Rohrstück (9) vom Heizelement getrennt. Er besteht ebenfalls aus einem Rohrabschnitt (10)
- 20 mit aufgebrachtem Schichtwiderstand (11). In einer vorteilhaften Ausführung wird sowohl die dem beheizten Widerstand (3) zugeführte elektrische Leistung P und die Temperaturdifferenz ΔT zwischen Eintritts- und
- 25 Austrittstemperatur des Mediums gemessen. Wird in einer elektronischen Schaltung die Größe $P/\Delta T$ gebildet, so erhält man ein Ausgangssignal mit hervorragender Linearität in Abhängigkeit vom Massenstrom. Vorteilhafterweise verwendet man hierfür einen Analogrechner oder
- 30 einen Microprocessor.
- Auch bei dieser Anordnung kann es sinnvoll sein, die Temperatur des beheizten Widerstands (3) auf konstante Überhitzung bezogen, auf die Eintrittstemperatur des Mediums zu regeln. Es besteht aber auch die Möglichkeit,
- 35 entweder die dem beheizten Widerstand (3) zugeführte

1 elektrische Leistung P konstant zu halten und die Größe $1/\Delta T$ als Ausgangssignal zu verwenden oder die Leistung P so zu regeln, daß ΔT konstant bleibt und P somit das Ausgangssignal darstellt.

5

Außer Dünnschichtwiderstände lassen sich auch Schichtwiderstände verwenden, die mittels bekannter Dickfilmtechniken hergestellt wurden.

10

15

20

25

30

35

1

5

Zusammenfassung

10

15

20

25

30

35

Bisher bekannte thermische Durchflußmesser zur Messung
des Massenstroms eines fließenden gasförmigen oder
flüssigen Mediums bestehen aus einem mit einer Heiz-
wicklung versehenen metallischen Rohrabschnitt, der
vom Medium durchströmt wird. Die aufgenommene Wärme-
leistung und die resultierende Temperaturerhöhung ist
ein Maß für den Massenstrom, ist jedoch bei den bekann-
ten Geräten nicht proportional dem Massendurchfluß.
Eine Proportionalität erreicht man mit einem Durch-
flußmesser, bei dem als Heizelement ein Flächenwider-
stand, vorzugsweise ein Dünnschichtwiderstand auf einem
elektrisch isolierenden, thermisch gutleitenden Substrat
dient, das über eine metallische Zwischenschicht mit
der Außenfläche des Rohrabschnitts wärmeschlüssig ver-
bunden ist.

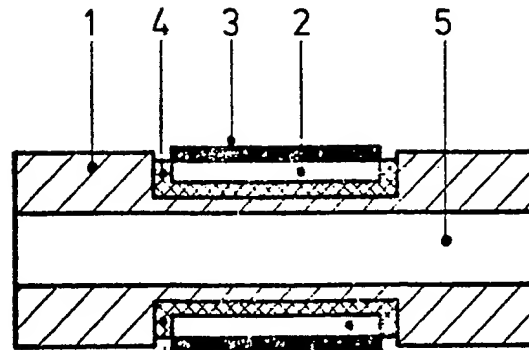


Abb. I

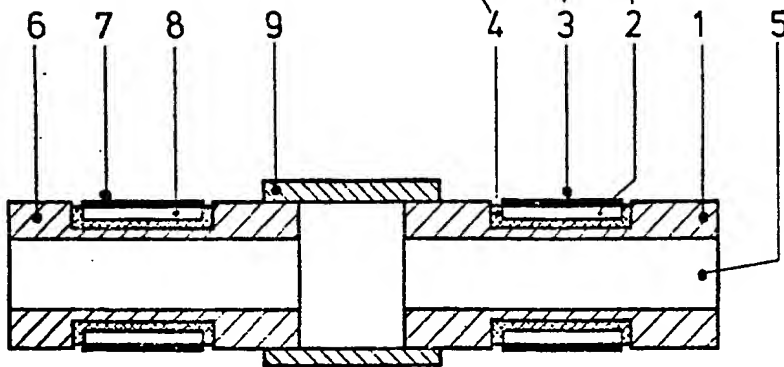


Abb. II

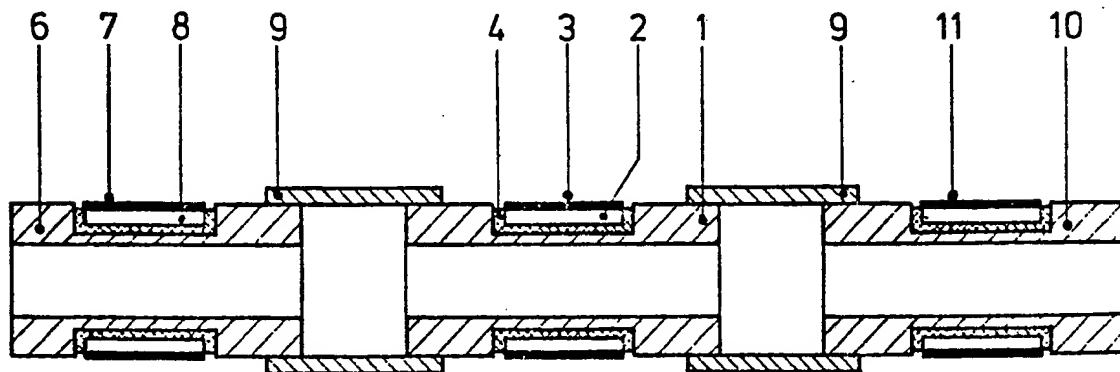


Abb. III

Abb. I, II, III